

MODEL FISIK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO (PLTP)

Rinaldi¹, Trimaidjon², Suryaningrat³

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293
Email : ri.naldi@yahoo.com

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga pikohidro merupakan salah satu alternatif pembangkit listrik yang dapat diterapkan di daerah pedesaan dimana tersedia aliran sungai yang kontinu yang dapat menggerakkan turbin untuk menghasilkan energi listrik. Penelitian ini merupakan model fisik pembangkit listrik tenaga pikohidro. Prosedur penelitian dibagi menjadi 3 (tiga) tahap, yaitu: pemasangan dan pengaturan alat, uji model (pengukuran kecepatan, pengukuran volume air dan waktu yang dibutuhkan untuk pengisian volume wadah tanpa pikohidro), running model (pengukuran volume air dan waktunya, pengukuran kecepatan putaran sumbu turbin, pengukuran voltase dan pengukuran daya). Masing-masing prosedur tersebut diukur pada 3 (tiga) jenis diameter saluran pembuangan yang berbeda. Spesifikasi pikohidro memiliki putaran sumbu 1500 rpm, frekuensi 50 hz yang menghasilkan daya 300 watt / tegangan 220 V, turbin yang digunakan dalam generator ini adalah turbin datar. Hasil penelitian yang dilakukan bahwa debit rata-rata saluran pembuangan 4 inchi 15,185 liter/det, 5 inchi 16,395 liter/ det dan 6 inchi 19,315 liter/ det. Kecepatan rata-rata putaran turbin untuk saluran pembuangan 4 inchi 1.296,3 rpm, 5 inchi 1.378,1 rpm, 6 inchi 1.491,1 rpm. Voltase rata-rata dengan menggunakan saluran pembuangan 4 inchi 190,02 volt, 5 inchi 202,11 volt, 6 inchi 219,21 volt dan daya yang diperoleh pada 4 inchi 259,69 watt, 5 inchi 275,57 watt, dan 6 inchi 298,47 watt

Kata kunci: pikohidro, daerah pedesaan, uji model fisik, turbin.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tenaga listrik merupakan suatu unsur penunjang yang sangat penting bagi pengembangan secara menyeluruh suatu bangsa. Pemanfaatan tenaga listrik yang terkonsep dan tepat guna akan menjadi suatu alat yang ampuh untuk merangsang pertumbuhan perekonomian negara. Berdasarkan alasan tersebut, dapat dimengerti apabila pada akhir-akhir ini permintaan akan pembangkit tenaga listrik semakin meningkat di negara-negara seluruh dunia. Secara garis besar dapat dikatakan bahwa, ditinjau dari segi kebutuhan tenaga, hampir dapat dipastikan semua negara di dunia benar-benar sedang mengalami krisis energi, dan berbagai kesibukan dilakukan untuk menjajaki pemanfaatan berbagai alternatif pembangkit

energi untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat, hal ini berpengaruh terhadap penyediaan energi listrik. Semakin jelas bahwa harus ada suatu gagasan baru mengenai sumber-sumber penghasil energi dan rumusan program-program pelaksanaan dengan efisiensi maksimal.

Penyediaan tenaga listrik bagi keperluan sektoral sampai saat ini dibangkitkan dengan minyak. Investasi pembangkit listrik dengan bahan bakar minyak mahal, sehingga hal ini membuka kesempatan bagi upaya diversifikasi, dengan pemakaian minyak pada sektoral dapat digantikan dengan pemakaian tenaga listrik yang dibangkitkan oleh energi non minyak.

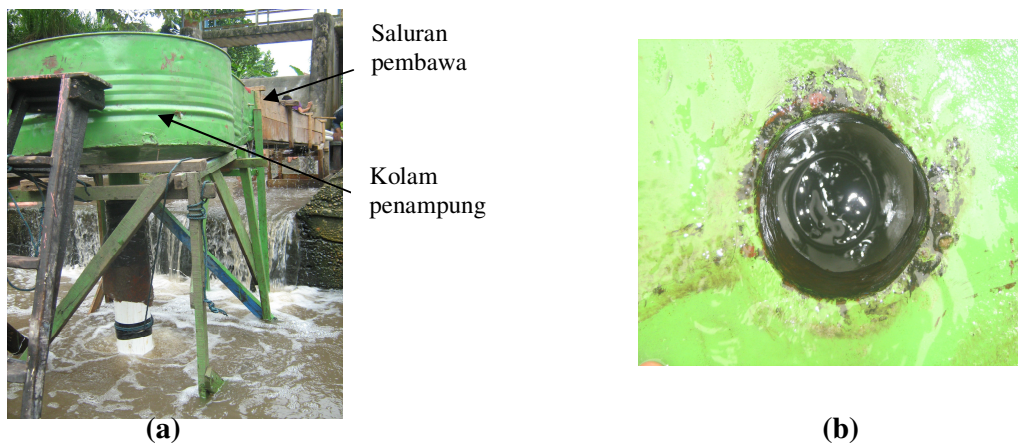
Dewasa ini, minyak bumi (bahan bakar fosil) merupakan sumber utama pemakaian energi di dalam negeri. Penggunaannya terus meningkat, sedangkan jumlah persediaan terbatas. Melihat kelangkaan energi dan mahalnya biaya listrik yang terkadang tidak terjangkau masyarakat kecil diharapkan perlu adanya sumber energi listrik alternatif yang hemat dan memerlukan biaya yang kecil. Dengan kekayaan alam yang ada di sekitar kita diharapkan kita mampu menciptakan sumber energi listrik yang baru dan efisien. Oleh karena itu perlu diambil langkah-langkah penghematan minyak bumi di satu pihak dan di pihak lain pengembangan sumber energi lainnya, seperti PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro). Dengan pemikiran inilah peneliti mencoba menggunakan pembangkit Pikohidro sebagai solusi dari permasalahan ini dan disamping air yang digunakan sebagai penggerak turbin yang akan menghasilkan energi listrik adalah sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan tersedia melimpah di alam semesta ini.

Pembangkit listrik Pikohidro adalah sebagai unit pembangkit tenaga listrik tenaga air skala kecil, didesain sangat praktis, kompak, sederhana, ringan, mudah dalam pemasangan dan penggunaannya. Pikohidro dirancang sebagai turbin air yang langsung digerakkan pada aliran air yang berputar, menghasilkan daya, sehingga tenaga listrik yang dihasilkan dapat langsung digunakan untuk keperluan rumah tangga.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Sungai Line 1, RT 03/ RW 1 Dusun 1 Desa Pandau Jaya Kecamatan Siak Hulu, Kabupaten Kampar. Penelitian ini merupakan model fisik tanpa menggunakan skala.

Kolam penampung dan saluran pembawa diletakkan diatas sebuah konstruksi sederhana dengan posisi di atas aliran sungai (gambar 4a). Generator berada ditengah-tengah kolam pengumpul dengan membuat sebuah lubang pembuang dan tepat diatasnya diletakkan alat PikoHidro seperti dapat dilihat pada gambar 4b.



Gambar 1. a) Perletakan kolam penampung dan saluran pembawa, b) Perletakan *Generator*

Kecepatan aliran pada model (sistem) tanpa alat pikoHidro diukur dengan currentmeter pada dua titik yaitu 1 m dari hulu dan 0,5 m dari hilir kolam pengumpul. Elevasi muka air di kolam pengumpul adalah konstan. Masing-masing titik pengukuran dibagi lagi menjadi 3 segment pengukuran dan setiap segment pada 0,2 H dan 0,8 H. Pengukuran ini dilakukan pada setiap variasi saluran pembuang yaitu 4 inci, 5 inci dan 6 inci.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PENGUJIAN AWAL

Pengujian awal dilakukan dengan cara mengatur semua alat dan bahan yang dibutuhkan sesuai dengan skema tanpa menggunakan alat PikoHidro. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui debit air model (*system*) berjalan sesuai dengan rencana.

Debit Teoritis

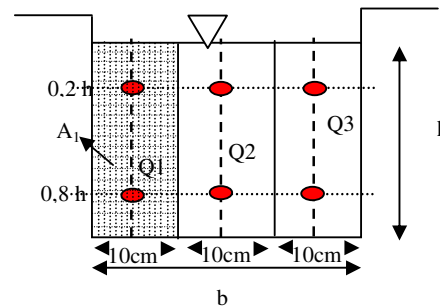
Perhitungan debit teoritis dengan persamaan Manning dengan koefisien kekasaran Manning 0,019. Untuk saluran pembawa dengan dimensi saluran adalah $b = 30$ cm dan $h = 26,6$ cm dan kemiringan saluran, $S_w = 6,5/600$, rekapitulasi perhitungan debit teoritis dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Perhitungan Debit Teoritis

| Diameter sal. Pembg. (Inchi) | A (cm ²) | P (cm) | R (cm) | S | V (cm/det) | Q (litr/det) |
|------------------------------|----------------------|--------|--------|--------|------------|--------------|
| 4 | 798 | 83,2 | 9,483 | 0,0108 | 24,543 | 19,365 |
| 5 | 816 | 84,4 | 9,668 | 0,0105 | 24,476 | 19,9724 |
| 6 | 834 | 85,6 | 9,743 | 0,0105 | 24,602 | 20,518 |

Debit Dengan Pengukuran Kecepatan

Perhitungan debit berdasarkan pengukuran kecepatan diperoleh debit rata-rata pada hulu saluran pembawa pada masing-masing saluran pembuangan sebesar 14,997 ltr/dt pada saluran pembuang 4 inchi, 17,139 ltr/dt pada 5 inchi dan 19,812 ltr/dt pada 6 inchi, pengukuran dengan menggunakan currentmeter dapat dilihat pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 2. Pengukuran kecepatan aliran air

Debit Aktual

Pengukuran debit aktual dilakukan dengan cara mengukur volume yang keluar pada saluran pembuang dan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi tampungan. Debit aktual dihitung dengan rumus: $Q = \frac{Vol}{t}$. Elevasi muka air di dikolam pengumpul pada saat pengukuran debit diusahakan konstan dan aliran air dari sumber menuju kolam pengumpul dengan saluran pembawa berlangsung secara kontinyu.

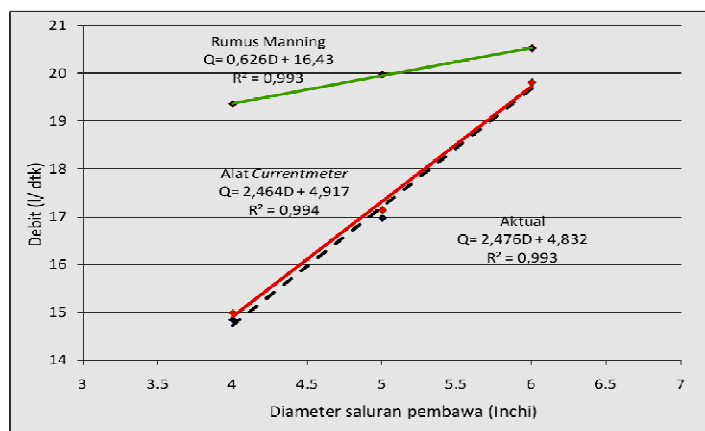
Tabel 2. Debit aktual saat uji model diameter saluran pembuang 4 inchi , 5 inchi dan 6 inchi dan volume tampungan 18 liter

| Diameter saluran pembawa 4 inchi | | | Diameter saluran pembawa 5 inchi | | | Diameter saluran pembawa 6 inchi | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
| Waktu (dt) | Debit Air (ltr/dt) | Debit rata-rata (ltr/dt) | Waktu (dt) | Debit Air (ltr/dt) | Debit rata-rata (ltr/dt) | Waktu (dt) | Debit Air (ltr/dt) | Debit rata-rata (ltr/dt) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,21 | 14,88 | 14,852 | 1,06 | 16,98 | 16,981 | 0,91 | 19,78 | 19,804 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,21 | 14,88 | | 1,20 | 15,00 | | 1,22 | 14,75 | | 1,20 | 15,00 | 1,22 | 14,75 | 1,21 | 14,88 | 1,22 | 14,75 | 1,21 | 14,88 | 1,22 | 14,75 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 |
| 1,20 | 15,00 | | 1,22 | 14,75 | | 1,20 | 15,00 | | 1,22 | 14,75 | 1,21 | 14,88 | 1,22 | 14,75 | 1,21 | 14,88 | 1,22 | 14,75 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | |
| 1,22 | 14,75 | | 1,20 | 15,00 | | 1,22 | 14,75 | | 1,21 | 14,88 | 1,22 | 14,75 | 1,21 | 14,88 | 1,22 | 14,75 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | |
| 1,20 | 15,00 | | 1,22 | 14,75 | | 1,21 | 14,88 | | 1,22 | 14,75 | 1,21 | 14,88 | 1,22 | 14,75 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | |
| 1,22 | 14,75 | | 1,21 | 14,88 | | 1,22 | 14,75 | | 1,21 | 14,88 | 1,22 | 14,75 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | |
| 1,21 | 14,88 | | 1,22 | 14,75 | | 1,21 | 14,88 | | 1,22 | 14,75 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | |
| 1,22 | 14,75 | | 1,21 | 14,88 | | 1,22 | 14,75 | | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | |
| 1,21 | 14,88 | | 1,22 | 14,75 | | 1,06 | 16,98 | | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,22 | 14,75 | | 1,06 | 16,98 | | 1,06 | 16,98 | | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,06 | 16,98 | 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,07 | 16,82 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,06 | 16,98 | 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,06 | 16,98 | 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,05 | 17,14 | 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1,06 | 16,98 | 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,90 | 20,00 | 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,90 | 20,00 | 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,92 | 19,57 | 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,90 | 20,00 | 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,91 | 19,78 | 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,92 | 19,57 | 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,92 | 19,57 | 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,91 | 19,78 | 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,90 | 20,00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Rekapitulasi hasil pengukuran debit dengan menggunakan rumus manning, alat currentmeter dan actual dapat dilihat pada tabel 3 dan dalam bentuk grafik seperti gambar 6 berikut ini.

Tabel 3. Rekapitulasi debit

| NO | Debit (Q) | Saluran pembuang dengan diameter berbeda | | |
|----|---|--|---------|---------|
| | | 4 inchi | 5 inchi | 6 inchi |
| 1 | Debit (Q) (ltr/dt) rumus Manning | 19,365 | 19,972 | 20,518 |
| 3 | Debit (Q) (ltr/dt) alat <i>Currentmeter</i> | 14,997 | 17,139 | 19,812 |
| 2 | Debit (Q) (ltr/dt) aktual | 14,852 | 16,981 | 19,804 |



Gambar 3. Grafik hubungan antara debit dan diameter saluran pembuangan saat pengujian awal

Berdasarkan dari ketiga debit tersebut untuk diameter saluran pembawa yang sama terdapat perbedaan nilai debit. Debit dengan metode pengukuran kecepatan dan debit aktual hampir mendekati sama, berbeda dengan debit secara teoritis, hal ini disebabkan karena ketelitian dalam menentukan nilai kekasaran Manning dan ketelitian dalam menentukan kemiringan saluran.

Dari beberapa nilai debit yang diperoleh maka dapat dikatakan bahwa model telah berjalan sesuai dengan rencana dan dapat dilanjutkan dengan running model dengan memasang alat *PikoHidro*.

RUNNING MODEL

Running model dilakukan beberapa variasi ukuran pipa, diameter pipa berukuran 4 inci, 5 inci, dan 6 inci. Running model bertujuan untuk mengetahui debit, voltase dan daya optimum yang dihasilkan model untuk masing ukuran saluran pembuangan dengan menggunakan alat *PikoHidro* yang sudah terpasang pada model. Pengukuran yang dilakukan, adalah pengukuran debit, kecepatan putaran turbin, daya dan voltase yang dihasilkan.

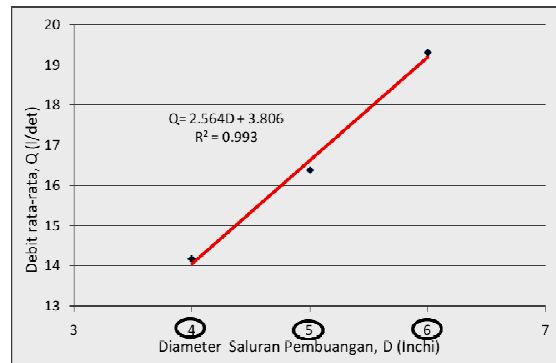
Pengukuran debit (Q)

Pengukuran debit pada running model ini hanya menggunakan metode pengukuran langsung atau debit aktual untuk masing-masing diameter saluran pembuang 4 inci, 5 inci dan 6 inci. Metode pengukuran debit sama dengan pengukuran pada saat pengujian awal. Hasil pengukuran debit dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 7 di bawah ini.

Tabel 4. Data debit yang diukur pada saat *running* model

| Diameter saluran pembawa 4 inci | | | Diameter saluran pembawa 5 inci | | | Diameter saluran pembawa 6 inci | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------|
| Waktu (dt) | Debit Air (ltr/dt) | Debit rata-rata (ltr/dt) | Waktu (dt) | Debit Air (ltr/dt) | Debit rata-rata (ltr/dt) | Waktu (dt) | Debit Air (ltr/dt) | Debit rata-rata (ltr/dt) |
| 1,28 | 14,06 | 14,185 | 1,09 | 16,51 | 16,395 | 0,92 | 19,57 | 19,315 |
| 1,27 | 14,17 | | 1,10 | 16,36 | | 0,94 | 19,15 | |
| 1,27 | 14,17 | | 1,11 | 16,22 | | 0,94 | 19,15 | |
| 1,27 | 14,17 | | 1,09 | 16,51 | | 0,93 | 19,35 | |
| 1,26 | 14,29 | | 1,10 | 16,36 | | 0,92 | 19,57 | |
| 1,25 | 14,40 | | 1,11 | 16,22 | | 0,93 | 19,35 | |
| 1,27 | 14,17 | | 1,08 | 16,67 | | 0,94 | 19,15 | |
| 1,27 | 14,17 | | 1,09 | 16,51 | | 0,93 | 19,35 | |
| 1,27 | 14,17 | | 1,11 | 16,22 | | 0,94 | 19,15 | |
| 1,26 | 14,29 | | 1,10 | 16,36 | | 0,93 | 19,35 | |

Dari grafik dibawah ini dapat dilihat bahwa debit yang mengalir pada model berbanding lurus dengan diameter saluran pembuangan, semakin besar dimensi saluran pembuangan semakin besar pula debit aliran.



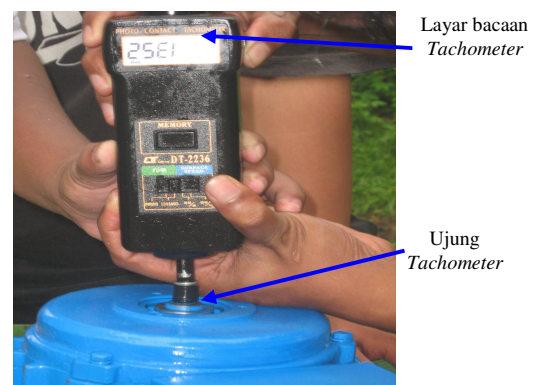
Gambar 4. Grafik hubungan antara debit dan diameter saluran pembuangan saat running model

Pengukuran kecepatan putaran turbin

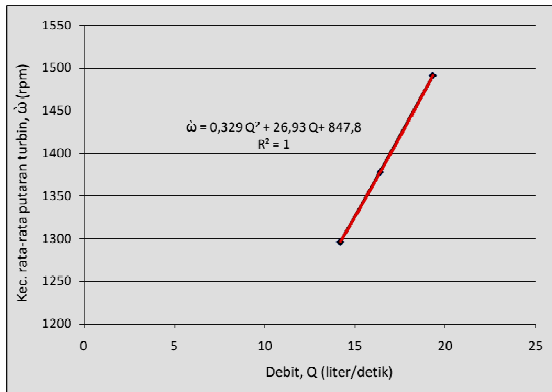
Proses pengukuran kecepatan putaran turbin dilakukan di bearing atas puncak kopel, pengukuran menggunakan alat tachometer dapat dilihat pada gambar 8. Pengukuran dilakukan apabila model sudah bekerja dengan baik dan ketinggian air pada kolam pengumpul konstan dengan aliran air yang kontinu. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 9 berikut ini.

Tabel 5. Pengukuran kecepatan putaran turbin

| NO | Kecepatan putaran turbin (rpm) pada saluran pembuangan dengan diameter yang berbeda | | |
|-----------|---|---------|---------|
| | 4 inchi | 5 inchi | 6 inchi |
| 1 | 1.299,5 | 1.385,1 | 1.487,8 |
| 2 | 1.307,6 | 1.386,4 | 1.483,2 |
| 3 | 1.299,8 | 1.378,2 | 1.500,0 |
| 4 | 1.295,3 | 1.380,3 | 1.488,6 |
| 5 | 1.306,5 | 1.379,5 | 1.498,4 |
| 6 | 1.307,5 | 1.376,7 | 1.491,3 |
| 7 | 1.304,2 | 1.372,5 | 1.487,2 |
| 8 | 1.298,5 | 1.371,3 | 1.485,1 |
| 9 | 1.258,2 | 1.374,5 | 1.489,4 |
| 10 | 1.285,5 | 1.376,2 | 1.500,0 |
| rata-rata | 1.296,3 | 1.378,1 | 1.491,1 |



Gambar 5. Pengukuran kecepatan



Gambar 6. Grafik hubungan antara debit dan kec. rata-rata Putaran turbin

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa hubungan antara debit dan kecepatan putaran turbin adalah semakin besar debit yang mengalir maka semakin besar pula kecepatan putaran yang terjadi pada turbin untuk masing-masing saluran pembuangan. Trendline yang digunakan adalah polinomial.

Pengukuran Voltase (V)

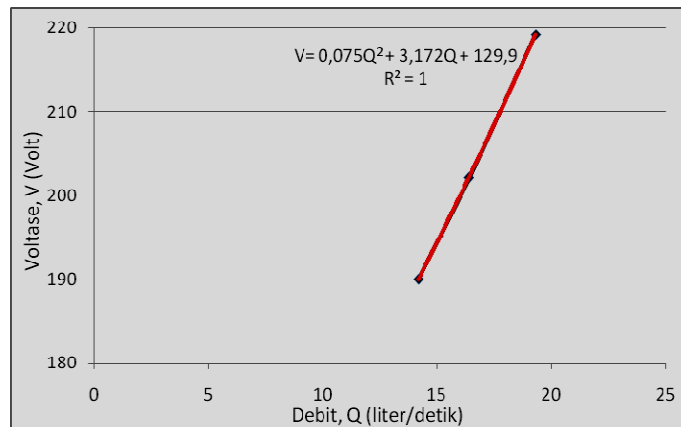
Pengukuran Voltase bertujuan untuk mengetahui voltase yang dihasilkan model. Pengukuran ini dilakukan dengan voltmeter. Alat ini sekaligus dapat digunakan untuk mengukur daya yang dihasilkan model pada penelitian dan data yang dihasilkan berupa data bacaan digital. Pengukuran tegangan dengan voltmeter dapat dilihat pada gambar 10 dan data hasil pengukuran ditampilkan pada tabel 6 dan gambar 11 berikut ini.

Tabel 6. Voltase yang dihasilkan saat *running* model

| NO | Voltase (volt) pada Saluran pembuangan dengan diameter yang berbeda | | |
|-----------|---|---------|---------|
| | 4 inchi | 5 inchi | 6 inchi |
| 1 | 190,58 | 203,10 | 218,20 |
| 2 | 191,75 | 203,32 | 218,56 |
| 3 | 190,62 | 202,12 | 220,00 |
| 4 | 189,25 | 202,41 | 220,00 |
| 5 | 191,80 | 202,23 | 218,33 |
| 6 | 191,72 | 201,98 | 219,77 |
| 7 | 191,30 | 201,32 | 219,70 |
| 8 | 190,43 | 201,10 | 218,88 |
| 9 | 184,54 | 201,65 | 218,65 |
| 10 | 188,25 | 201,82 | 220,00 |
| rata-rata | 190,02 | 202,11 | 219,21 |



Gambar 7. Pengukuran kecepatan putaran



Gambar 8. Grafik hubungan antara debit rata-rata dan *voltase* rata-rata

Berdasarkan grafik di atas dapat dilihat bahwa model dapat menghasilkan *voltase* 220 volt pada saluran pembuangan 6 inchi, sedangkan pada dimensi yang lain masih antara 190 dan 210 volt, Tegangan 220 volt pada saluran pembuangan 6 inchi tersebut belum dapat dipertahankan konstan oleh model, masih dapat turun hal ini disebabkan kecepatan putaran (rpm) yang diinginkan belum tercapai, akan tetapi akan tetapi *voltase* 210-220 sudah sesuai dengan standard *voltase* yang digunakan oleh alat-alat elektronik. Saluran pembuangan dengan diameter 4 inchi dan 5 inchi belum menghasilkan *voltase* 220 volt dikarenakan putaran turbin hanya berkisar 1200-1300 rpm sedangkan nilai *voltase* 220 volt akan dicapai alat Pikohidro jika putarannya mencapai 1500 rpm.

Pengukuran Daya (P)

Pengukuran daya bertujuan untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh model pada masing-masing saluran pembuangan. Pengukuran ini belum dilakukan pembebanan, hanya berupa data keluaran daya yang mampu dikeluarkan oleh sistem dan pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur wattmeter. Hasil pengukuran daya dapat dilihat pada tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Daya yang dihasilkan pada saat *running* model

| NO | Daya (watt) pada Saluran pembuangan dengan diameter yang berbeda | | |
|-----------|--|---------|---------|
| | 4 inchi | 5 inchi | 6 inchi |
| 1 | 258,35 | 277,01 | 297,55 |
| 2 | 262,21 | 277,25 | 296,65 |
| 3 | 258,58 | 275,64 | 300,00 |
| 4 | 260,01 | 275,85 | 300,00 |
| 5 | 261,30 | 275,89 | 299,68 |
| 6 | 264,50 | 275,34 | 298,26 |
| 7 | 261,25 | 274,27 | 297,46 |
| 8 | 265,10 | 274,25 | 297,24 |
| 9 | 248,54 | 274,94 | 297,88 |
| 10 | 257,10 | 275,25 | 300,00 |
| rata-rata | 259,69 | 275,57 | 298,47 |

Berdasarkan tabel 7 di atas dapat dilihat bahwa daya rata-rata yang dapat dihasilkan model adalah 298,47 watt, nilai ini dicapai pada saat model menggunakan saluran pembuangan yang berdiameter 6 inchi, akan tetapi model mampu mencapai daya maksimum sebesar 300 watt beberapa kali pada bacaan wattmeter, sedangkan untuk saluran pembuangan dengan diameter 4 inchi dan 5 inchi tidak dapat menghasilkan daya 300 watt (daya maksimum alat pikohidro) hal ini dikarenakan putaran turbin yang tidak maksimal pada diameter 4 inchi dan 5 inchi pada saluran pembuangan belum sesuai dengan spesifikasi alat pikohidro.

Hubungan Voltase (V) dengan Daya (P)

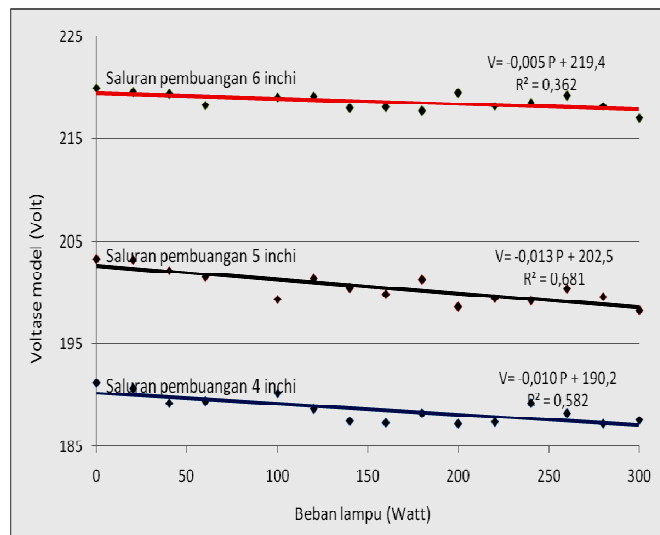
Pengaruh pembeban pada model dapat diuji berupa memasang sebuah hingga beberapa buah lampu, untuk melihat pengaruh pembebanan pada model. Hubungan antara voltase dan daya dapat dilihat pada tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Hubungan *Voltase* dan *Daya* dihasilkan pada saat *running* model

| NO | 4 inchi | | 5 inchi | | 6 inchi | |
|----|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
| | Daya Lampu (Watt) | Voltase Model (Volt) | Daya Lampu (Watt) | Voltase Model (Volt) | Daya Lampu (Watt) | Voltase Model (Volt) |
| 1 | 0 | 191,24 | 0 | 203,25 | 0 | 220,00 |
| 2 | 20 | 190,65 | 20 | 203,21 | 20 | 219,58 |
| 3 | 40 | 189,24 | 40 | 202,13 | 40 | 219,40 |
| 4 | 60 | 189,35 | 60 | 201,56 | 60 | 218,28 |
| 5 | 100 | 190,12 | 100 | 199,35 | 100 | 219,12 |
| 6 | 120 | 188,65 | 120 | 201,36 | 120 | 219,20 |
| 7 | 140 | 187,45 | 140 | 200,43 | 140 | 218,00 |

| | | | | | | |
|------------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|---------------|
| 8 | 160 | 187,32 | 160 | 199,86 | 160 | 218,10 |
| 9 | 180 | 188,24 | 180 | 201,27 | 180 | 217,76 |
| 10 | 200 | 187,21 | 200 | 198,65 | 200 | 219,51 |
| 11 | 220 | 187,34 | 220 | 199,43 | 220 | 218,23 |
| 12 | 240 | 189,22 | 240 | 199,24 | 240 | 218,54 |
| 13 | 260 | 188,21 | 260 | 200,42 | 260 | 219,23 |
| 14 | 280 | 187,23 | 280 | 199,62 | 280 | 218,22 |
| 15 | 300 | 187,58 | 300 | 198,26 | 300 | 217,06 |
| rata-rata | | 188,60 | | 200,54 | | 218,68 |

Tabel di atas memperlihatkan hubungan angka antara voltase dan daya, pada beberapa bagian data kelihatan naik turun yang tidak konstan hal ini disebabkan bacaan alat yang terlalu sensitif. Berdasarkan tabel di atas dapat digambarkan hubungan antara voltase dan daya, seperti pada gambar 13 di bawah ini.



Gambar 9. Grafik hubungan antara *voltase* dan *daya*

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa voltase model semakin menurun pada saat penggunaan lampu untuk semua dimensi saluran pembuangan, akan tetapi saluran pembuangan yang berukuran 6 inchi menunjukkan nilai tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan saluran pembuangan yang lain. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah debit yang akan memberikan daya untuk memutar turbin.

Perhitungan daya teoritis

Secara teoritis daya yang dapat dihasilkan model ini dengan spesifikasi debit aktual yang mengalir pada model adalah 14,185 ltr/det sedangkan tinggi permukaan air di kolam

penampung sampai ujung jatuh bebas air adalah 1,57 m, maka daya yang dapat dihasilkan oleh model apabila menggunakan generator atau pikohidro adalah:

$$P = 9,8 Q H$$

Jadi :

$$P = 9,8 \times 0,014185 \times 1,57$$

$$P = 0,218250 \text{ kW} = 218,250 \text{ Watt}$$

Daya yang dapat dihasilkan dengan debit 14,852 ltr/det dan tinggi tekanan 1,57 m adalah 218,250 watt, pada saluran pembuangan 4 inchi yang selanjutnya ditampilkan dalam tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Perhitungan Daya teoritis dengan debit aktual

| NO | Diameter Sal. Pembg. (Inchi) | Debit, Q (l/det) | tinggi tekanan netto, H (m) | Daya teoritis, P (Watt) | Daya lapangan, P (Watt) | Persentase (%) |
|----|------------------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| 1 | 4 | 14,185 | 1,57 | 218,250 | 259,69 | 18,987 |
| 2 | 5 | 16,395 | 1,57 | 252,253 | 275,57 | 9,243 |
| 3 | 6 | 19,315 | 1,57 | 297,181 | 298,47 | 0,434 |

Terdapat sedikit perbedaan antara daya teoritis dengan daya aktual (tabel 6). Perbedaan yang besar terjadi pada saluran pembuang 4 inchi, sedangkan untuk saluran pembuangan 6 inchi hampir tidak ada perbedaan. Nilai daya tersebut hanya menggunakan persamaan umum $P = 9,8 Q H$ dengan belum dilengkapi dengan nilai efisiensi turbin, efisiensi generator dan efisiensi lainnya, sedangkan nilai ini merupakan faktor yang akan mempengaruhi daya yang dihasilkan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian pembangkit listrik pikohidro dengan spesifikasi alat merupakan generator model magnet permanen yang memiliki putaran 1500 rpm, frekuensi 50 hz generator ini memiliki turbin dengan empat sudu-sudu yang menghasilkan daya 300 watt / tegangan 220 V, maka dapat disimpulkan bahwa.

1. Debit aktual rata-rata pada saat uji model untuk saluran pembuangan 4 inchi 14,852 liter/detik, 5 inchi 16,981 liter/detik dan 6 inchi 19,804 liter/detik
2. Debit rata-rata pada saat running model untuk saluran pembuangan 4 inchi 14,185 liter/detik, 5 inchi 16,395 liter/detik dan 6 inchi 19,315 liter/detik
3. Kecepatan putaran rata-rata turbin untuk saluran pembuangan 4 inchi 1.296,3 rpm, 5 inchi 1.378,1 dan 6 inchi 1.491,1rpm.

4. *Voltase* rata-rata yang dihasilkan dari *running* model dengan menggunakan saluran pembuangan 4 inchi 190,02 volt, 5 inchi 202,11 volt dan 6 inchi 219,21 volt.
5. Daya rata-rata yang dapat dihasilkan dari *running* model dengan menggunakan saluran pembuangan 4 inchi 259,69 watt, 5 inchi 275,57 watt dan 6 inchi 298,47 watt.
6. Pembangkit listrik pikohidro ini dapat diterapkan di lapangan.

Saran

Berdasarkan pengalaman selama penelitian maka saran yang dapat diberikan :

1. Perlu menganalisa model apabila model menggunakan saluran pembuangan berdiameter 7 inchi.
2. Sebaiknya saluran pembawa terbuat dari lempeng aluminium atau sejenisnya agar debit alir air menjadi konstan dari sumber air sampai ke kolam penampung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.** 1971. *Bangunan Tenaga Air*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Anonim.** 1994. *Program Pelatihan Dan Panduan Perancangan Hidraulika Waterway*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Harmaini.** 2008. *Model Fisik Pembangkit Listrik Tenaga Mini-mikrohidro*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil (S1) Fakultas Teknik. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Kodoatie, R.J.** 2004. *Hidrolika Terapan (Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa)*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Luknanto, D.** 1999. *Bangunan Tenaga Air*, Yogyakarta: HMTS Teknik Sipil UGM.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air.** 2003. *Pembangkit listrik Tenaga Mikrohidro (PLTM) di Jaringan Irigas*. [online]. Champaign, Illinois : Project Gutenberg. Available at: <URL: <http://www.wwf.or.id/powersitch/suarakomunitas/cintamekar/>> [Accesed 14 januari 2008]
- Rinaldi, Harmaini, 2008,** Model Fisik Pembangkit Mini-mikrohidro (PLTM), Prosiding Seminar hasil Penelitian Dosen, Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau.
- Suripin.** 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Triatmojo, B.** 2003. *Hidraulika II*. Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- Ven Te Chow.** 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka (open Channel Hydraulics)*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.